

0 718233 - 1

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

на правах рукописи

Мутыгуллина Айгуль Ахмадулловна

**ДИНАМИКА КВАНТОВЫХ СИСТЕМ
С НЕЛОКАЛЬНЫМ ВО ВРЕМЕНИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ И
ВЛИЯНИЕ НЕЛОКАЛЬНОСТИ НА УШИРЕНИЕ
СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ АТОМОВ**

01.04.05- оптика

01.04.02- теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Казань-2000

Работа выполнена в Казанском государственном университете

Научный руководитель: доктор физико-математических
наук, профессор Гайнутдинов Р.Х.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических
наук, профессор Быков В. П.

доктор физико-математических
наук, профессор Нигматуллин Р.Р.

Ведущая организация - Казанский государственный педагогический
университет

Защита состоится « 26 » октября 2000 г. в 14 час. 30 мин. на заседании
специализированного совета Д. 053.29.09 при Казанском государственном
университете по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 16, физический
факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Казанского
государственного университета.

Автореферат разослан « 25 » сентября 2000г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000052081

Ученый секретарь специализированного
Совета, кандидат физ.-мат. наук, доцент

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Евгений'.

Сарандаев Е.В.

Актуальность темы. Для решения многих проблем физики необходимо описывать динамику квантовых систем в случае, когда взаимодействие в системе является нелокальным во времени. Учёт такой нелокальности может быть важным при исследовании процессов фотоионизации атомов излучением сильно пульсирующих лазерных источников и при описании контролируемой лазерами молекулярной динамики. При описании уширения спектральных линий атомных систем, обусловленного взаимодействием их с окружающей средой, в принципе, также следует учитывать, что это взаимодействие является нелокальным во времени. Важным примером систем, динамика которых определяется нелокальным во времени взаимодействием, являются системы нуклонов. В этом случае нелокальность взаимодействия связана с кварковыми и глюонными степенями свободы. Другой фундаментальный аспект рассматриваемой проблемы проявляется при квантово - электродинамическом описании естественного уширения спектральных линий атомов. Действительно, как хорошо известно, в квантовой электродинамике (КЭД) ультрафиолетовые расходимости можно устранить в S - матрице и функциях Грина, но не в величинах, характеризующих временное развитие процессов, поскольку регуляризация матрицы рассеяния приводит к тому, что расходящиеся члены автоматически появляются в уравнениях Шредингера и Томанага-Швингера [1]. Поэтому эти уравнения в квантовой теории поля имеют только формальное значение. Таким образом, описание процессов временной эволюции КЭД систем, определяющих энергетические и иные характеристики связанных состояний, сопряжено с нерегуляризуемыми ультрафиолетовыми расходимостями. Следствием этого, в частности, являются трудности последовательного КЭД описания формы естественного уширения спектральных линий атомных систем. Однако, для большинства приложений эта проблема не имеет какого-либо существенного значения. Это связано с тем, что, во-первых, для большинства задач, связанных с описанием атомных спектров, КЭД эффекты вносят малый вклад по сравнению с другими факторами, определяющими уширение спектральных линий. Во-вторых, большинство возбужденных состояний удовлетворяет условию квазистационарности, и поэтому закон их распада близок к экспоненциальному. В этом случае контур спектральной линии имеет лоренцевскую форму и характеризуется

энергией и шириной соответствующих энергетических уровней, которые могут быть вычислены с помощью стандартных методов КЭД. Однако, прогресс, достигнутый в последнее время, позволил приступить к экспериментальному исследованию спектров излучения тяжёлых многозарядных ионов, взаимодействие которых с собственным полем излучения уже нельзя рассматривать как малое возмущение и, соответственно, радиационное уширение спектральных линий может быть более значительным, чем другие виды уширения. В случае тяжёлых многозарядных ионов, например, может иметь место перекрывание энергетических уровней с одинаковыми полным моментом J , его проекцией J_z и четностью. Закон распада таких состояний может существенно отличаться от экспоненциального, и, соответственно, форма естественного уширения спектральных линий - от лоренцевской. При этом, важную роль начинают играть КЭД эффекты, которые, как было показано в [2], приводят к неперенормируемым ультрафиолетовым расходимостям. Поскольку, как хорошо известно, причиной ультрафиолетовых расходимостей в квантовой электродинамике является локальность теории, представляется естественным попытаться решить эту проблему путем введения нелокального формфактора в плотность гамильтониана взаимодействия. Однако, как оказалось, такое введение нелокального формфактора приводит к нарушению релятивистской инвариантности теории, динамика которой определяется уравнением Шредингера. Причина этого вполне очевидна. Уравнение Шредингера является локальным во времени, и гамильтониан взаимодействия описывает мгновенное взаимодействие. В нерелятивистской квантовой механике процесс мгновенного взаимодействия может быть нелокальным во времени. Но в релятивистской теории локальный во времени процесс должен быть локальным и в пространстве. Таким образом, для того, чтобы введение в теорию нелокальности было внутренне непротиворечивым, необходимо найти способ описания эволюции систем, динамика которых генерируется нелокальным во времени взаимодействием. Впервые эта проблема была решена в работе [3], где было показано, что совместное использование наиболее общих принципов фейнмановской формулировки и канонического подхода позволяет такое обобщение квантовой динамики. Было показано, что развитая таким образом обобщенная квантовая динамика (ОКД) открывает возможности для решения эволюционной

проблемы для систем, фундаментальное взаимодействие в которых является нелокальным во времени.

Целью диссертационной работы было исследование новых возможностей, которые открывает ОКД для решения ряда проблем атомной физики, атомной спектроскопии и квантовой теории. Важное место в диссертации занимают вопросы, связанные с использованием ОКД для описания динамики открытых квантовых систем, уширения спектральных линий атомов и описанием динамики нуклонов.

Научная новизна работы заключается в следующем.

В рамках ОКД построен новый класс моделей в квантовой теории. Эти модели описывают динамику квантовых систем, фундаментальное взаимодействие в которых является нелокальным во времени. Они позволяют взглянуть с новой точки зрения на проблему ультрафиолетовых расходимостей в квантовой теории.

Исследована возможность использования ОКД и построенных в работе моделей для описания эволюции открытых квантовых систем и уширения спектральных линий атомных систем, обусловленного нелокальным во времени взаимодействием атома с окружающей средой.

Построена модель, описывающая уширение спектральной линии двухуровневого атома, взаимодействие которого с возмущающими частицами является нелокальным во времени. Показано, что при решении ряда задач, учет влияния нелокальности во времени взаимодействия на форму контуров спектральных линий атомов может быть существенен.

Построен обобщенный оператор нуклон- нуклонного взаимодействия, форма которого учитывает нелокальность во времени этого взаимодействия, которая обусловлена наличием кварковых и глюонных степеней свободы. Показано, что эффекты запаздывания, связанные с кварковыми и глюонными степенями свободы, существенно влияют на характер динамики нуклонов.

Научная ценность и практическая значимость. Построенные в работе точно решаемые модели показывают, что ОКД действительно допускает обобщение квантовой динамики на случай описания эволюции систем, фундаментальное взаимодействие в которых является нелокальным во времени. Проведенные исследования показали, что ОКД позволяет рассматривать модели, которые в рамках гамильтоновой динамики не имеют смысла из-за ультрафиолетовых

расходимостей. В частности, это открывает новые возможности для решения упомянутых выше проблем КЭД теории естественного уширения спектральных линий атомных систем.

Построенная в работе модель уширения спектральных линий атомных систем позволяет учитывать нелокальность во времени взаимодействия атома с окружающей средой. Эта модель и проведенные с её помощью исследования открывают возможности для обобщения ударной теории уширения спектральных линий атомов, которое бы позволило учитывать тот факт, что столкновения излучающего атома с возмущающими частицами не являются мгновенными.

Построенный в работе обобщенный оператор нуклон- нуклонного взаимодействия позволяет учитывать кварковые и глюонные степени свободы при описании динамики нуклонов.

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Разработанный новый класс моделей в квантовой теории позволяет описывать эволюцию систем с нелокальным во времени взаимодействием и открывает новые возможности для решения проблемы неперенормируемых ультрафиолетовых расходимостей квантово- электродинамической теории естественного уширения спектральных линий атомных систем.

2. Предложенная модель уширения спектральных линий атомных систем позволяет учитывать влияние нелокальности во времени взаимодействия атома с окружающей средой на форму уширения спектральных линий.

3. Имеются физические условия, при которых влияние нелокальности во времени взаимодействия атома с возмущающими частицами на форму уширения спектральных линий может быть существенным.

4. Построенный обобщенный оператор нуклон- нуклонного взаимодействия позволяет учитывать кварковые и глюонные степени свободы при описании динамики нуклонов.

Достоверность результатов и выводов работы обеспечивается корректностью постановки задач, тщательностью анализа, лежащих в основе развитых моделей принципов, строгостью математических преобразований, а также хорошим согласием результатов расчетов, проведенных в рамках предложенных моделей, с экспериментальными данными.

Апробация работы

Основные выводы и результаты работы докладывались на

- 2 республиканской научной конференции молодых учёных и специалистов (Казань 1996)
- 3 и 4 международных конференциях "Geometrization of Physics" (Казань 1997, 1999)
- региональных школах "Когерентная оптика и оптическая спектроскопия" (Казань 1997 - 1999)
- международных летних школах-семинарах по современным проблемам теоретической и математической физики "Volga 10-12" (Казань 1998 - 2000)
- международной летней школе "Particle Production Spanning MeV and TeV Energies" (Nijmegen, The Netherlands 1999)
- международном симпозиуме "Advances in Nuclear Physics" (Bucharest, Romania 1999)
- международной летней школе "Trapped Particles and Fundamental Physics" (Les Houches, France 2000).
- ежегодных итоговых научных конференциях Казанского Университета (1996-1999)

Основные результаты содержатся в работах [1-17].

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 17 работ, список которых приводится в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 140 страниц машинописного текста, 22 рисунка и библиографию из 106 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, приведены основные защищаемые положения, отмечена новизна работы, научная и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава носит в основном обзорный характер и посвящена изложению основных положений обобщенной квантовой динамики (ОКД). В рамках ОКД реализуется идея о том, что совместное использование наиболее общих принципов фейнмановской и канонической формулировок квантовой теории позволяет расширить квантовую динамику для описания эволюции квантовых систем, динамика которых генерируется нелокальным во времени взаимодействием. В ОКД оператор эволюции $\langle \psi_2 | U(t, t_0) | \psi_1 \rangle$ представляется в виде

$$\langle \psi_2 | U(t, t_0) | \psi_1 \rangle = \langle \psi_2 | \psi_1 \rangle + \int_{t_0}^t dt_2 \int_{t_0}^{t_2} dt_1 \langle \psi_2 | \tilde{S}(t_2, t_1) | \psi_1 \rangle, \quad (1)$$

где $\langle \psi_2 | \tilde{S}(t_2, t_1) | \psi_1 \rangle$ определяет амплитуду вероятности того, что если при $t \rightarrow -\infty$ состояние системы было $|\psi_1\rangle$, то взаимодействие в системе начнется в момент времени t_1 и закончится в момент времени t_2 , и при $t \rightarrow \infty$ система будет обнаружена в состоянии $|\psi_2\rangle$. Мы используем представление взаимодействия. Представление (1) является выражением фейнмановского принципа суперпозиции, согласно которому амплитуда вероятности события, которое может произойти различными альтернативными способами, есть сумма амплитуд для всех этих альтернатив. В этом случае в качестве альтернатив рассматриваются процессы с определёнными временами начала и конца взаимодействия в системе. При этом важной особенностью ОКД является то, что в ней, в отличие от фейнмановской формулировки, используется язык векторов и операторов в гильбертовом пространстве состояний. Основным динамическим уравнением в ОКД является уравнение для оператора $\tilde{S}(t_2, t_1)$

$$(t_2 - t_1) \tilde{S}(t_2, t_1) = \int_{t_1}^{t_2} dt_4 \int_{t_1}^{t_4} dt_3 (t_4 - t_3) \tilde{S}(t_2, t_4) \tilde{S}(t_3, t_1), \quad (2)$$

которое выводится как следствие наиболее общих физических принципов. Уравнение (2) позволяет определить амплитуды $\langle \psi_2 | \tilde{S}(t_2, t_1) | \psi_1 \rangle$ для любых времен t_1 и t_2 , если амплитуды $\langle \psi_2 | \tilde{S}(t'_2, t'_1) | \psi_1 \rangle$, соответствующие бесконечно малым временам длительности взаимодействия $\tau = t'_2 - t'_1$, нам известны. Естественно предположить, что основной вклад в оператор эволюции в пределе бесконечно малых времен длительности взаимодействия $t_2 \rightarrow t_1$ вносят процессы, которые можно ассоциировать с фундаментальными

взаимодействиями изучаемой нами системы. Обозначим этот вклад посредством $H_{int}(t_2, t_1)$, тогда для оператора $\tilde{S}(t_2, t_1)$ можно записать следующее граничное условие:

$$\tilde{S}(t_2, t_1) \xrightarrow{t_2 \rightarrow t_1} H_{int}(t_2, t_1). \quad (3)$$

Оператор $H_{int}(t_2, t_1)$ играет роль, какую гамильтониан взаимодействия играет в обычной квантовой теории: генерирует динамику в системе. Этот оператор может рассматриваться как некоторое обобщение гамильтониана взаимодействия, поэтому он был назван обобщенным оператором взаимодействия. Если задать вид обобщенного оператора взаимодействия, уравнение (2) позволяет определить оператор $\tilde{S}(t_2, t_1)$. Представление для оператора эволюции (1) может затем быть использовано для построения вектора состояния

$$|\psi(t)\rangle = |\psi(t_0)\rangle + \int_{t_0}^t dt_2 \int_{t_0}^{t_2} dt_1 \tilde{S}(t_2, t_1) |\psi(t_0)\rangle \quad (4)$$

для любого времени t . Таким образом, уравнение (2) может рассматриваться как уравнение движения для состояний квантовой системы. Динамика, описываемая уравнением (2), эквивалентна гамильтоновой в случае, когда обобщенный оператор взаимодействия имеет вид

$$H_{int}(t_2, t_1) = -2i\delta(t_2 - t_1)H_I(t_1), \quad (5)$$

где $H_I(t_1)$ гамильтониан взаимодействия. Вместе с тем, уравнение (2) позволяет обобщение на случай, когда оператор $H_{int}(t_2, t_1)$ не имеет такой сингулярности как дельта функция в точке $t_2 = t_1$. В этом случае фундаментальное взаимодействие, генерирующее динамику квантовой системы, является нелокальным во времени: оператор эволюции определяется обобщенным оператором взаимодействия $H_{int}(t_2, t_1)$ как функцией времени длительности взаимодействия $\tau = t_2 - t_1$.

Во второй главе на примере точно решаемых моделей демонстрируются новые возможности, которые открывает ОКД. Рассматривается динамика в системе двух нерелятивистских частиц в системе центра масс с относительным импульсом \mathbf{p} и приведенной массой μ . Обобщенный оператор взаимодействия в представлении Шредингера выбирается в следующем виде

$$\langle \mathbf{p}_2 | H_{int}^{(s)}(\tau) | \mathbf{p}_1 \rangle = \psi(\mathbf{p}_2) \psi^*(\mathbf{p}_1) f(\tau), \quad (6)$$

где $f(\tau)$ — некоторая функция времени длительности взаимодействия τ , а формфактор $\psi(\mathbf{p})$ имеет следующее асимптотическое поведение при $|\mathbf{p}| \rightarrow \infty$:

$$\psi(\mathbf{p}) \sim \frac{c_1}{|\mathbf{p}|^\alpha}, \quad (|\mathbf{p}| \rightarrow \infty). \quad (7)$$

Обобщенный оператор взаимодействия в пределе бесконечно малых времен длительности взаимодействия $\tau \rightarrow 0$ должен удовлетворять уравнению (2). Это требование и асимптотическое поведение функции $\psi(\mathbf{p})$ при $|\mathbf{p}| \rightarrow \infty$ задает класс допустимых функций $f(\tau)$. Легко убедиться, что если $\alpha > \frac{1}{2}$, то обобщенный оператор взаимодействия может быть только следующего вида

$$\langle \mathbf{p}_2 | H_{int}^{(s)}(\tau) | \mathbf{p}_1 \rangle = \psi(\mathbf{p}_2) \psi^*(\mathbf{p}_1) (-2i\lambda\delta(\tau) + f'(\tau)), \quad (8)$$

где $f'(\tau)$ некоторая функция, не имеющая сингулярностей в точке $\tau = 0$, λ — некоторая константа. Показано, что в этом случае динамика, генерируемая оператором (8), эквивалентна динамике, описываемой уравнением Шредингера с сепарабельным потенциалом

$$\langle \mathbf{p}_2 | V | \mathbf{p}_1 \rangle = \lambda \psi(\mathbf{p}_2) \psi^*(\mathbf{p}_1). \quad (9)$$

Обычная квантовая механика не допускает обобщения этой модели на случай $\alpha \leq \frac{1}{2}$, поскольку формфакторы $\psi(\mathbf{p})$ с таким поведением при больших импульсах приводят к ультрафиолетовым расходимостям в выражении для оператора эволюции. Важная особенность ОКД заключается в том, что она позволяет обобщить рассматриваемую модель на случай $0 < \alpha \leq \frac{1}{2}$. В случае $0 < \alpha < \frac{1}{2}$, единственно возможной формой обобщенного оператора взаимодействия является

$$\langle \mathbf{p}_2 | H_{int}^{(s)}(\tau) | \mathbf{p}_1 \rangle = (a_1(\tau)^{-\alpha-1/2} + a_2(\tau)^{-2\alpha}) \psi(\mathbf{p}_2) \psi^*(\mathbf{p}_1), \quad (10)$$

Таким образом, в этом случае взаимодействие в системе может быть только нелокальным во времени, и форма обобщенного оператора взаимодействия зависит от параметра α , характеризующего поведение формфакторов при больших импульсах. Был получен вид оператора эволюции, который является конечным даже в случае такого "плохого" ультрафиолетового поведения формфакторов. Построена модель, в которой обобщенный оператор взаимодействия представляется в виде суммы локальной части, содержащей дельта-функцию $\delta(\tau)$ по времени длительности взаимодействия τ , и нелокальной короткодействующей части:

$$\langle \mathbf{p}_2 | H_{int}(t_2, t_1) | \mathbf{p}_1 \rangle = -2i\delta(t_2 - t_1) \langle \mathbf{p}_2 | V | \mathbf{p}_1 \rangle + (a_1(t_2 - t_1)^{-\alpha-1/2} +$$

$$+a_2(t_2 - t_1)^{-2\alpha})\psi(\mathbf{p}_2)\psi^*(\mathbf{p}_1), \quad (11)$$

В этой модели нелокальная часть обобщенного оператора взаимодействия играет основную роль при больших импульсах (или на малых расстояниях).

Третья глава посвящена исследованию возможности использования ОКД для описания динамики открытых систем и описания уширения спектральных линий атомов. Для описания динамики открытых систем важным оказывается тот факт, что динамическое уравнение (2) позволяет описывать эволюцию систем в случае, когда оператор эволюции не является унитарным. Достаточно только, чтобы этот оператор удовлетворял полугрупповому закону. Как известно, для многих задач операторы эволюции открытых систем удовлетворяют этому требованию. Новые возможности, которые открывает динамическое уравнение (2) для описания открытых систем, связаны с тем, что это уравнение позволяет учитывать нелокальность взаимодействия открытой системы с окружающей средой.

Эти возможности показаны на примере открытой системы, состоящей из двухуровневого атома и его поля излучения. Построена модель, в которой взаимодействие атома с возмущающими частицами является нелокальным во времени. В рамках модели выведена формула для контура уширения спектральной линии, соответствующего переходу атома из состояния с энергией E_2 в состояние с энергией E_1 .

$$\frac{dW_{21}(\omega)}{d\omega} = \frac{F(\omega)}{(\omega + E_1 - E_2 - \text{Re}\Lambda)^2 + (\text{Im}\Lambda)^2}, \quad (12)$$

где

$$F(\omega) = \frac{d^2 + \omega^2}{8\pi^2 c_1^2} |\omega^2 \ln \omega - \omega^2 \pi i + \\ + d^2 \ln d - \frac{\pi}{2} d\omega - \frac{b_2}{b_1} (d^2 + \omega^2) + \frac{d^2 + \omega^2}{\omega + E_1 - E_2 - \Lambda}|^{-2}.$$

Здесь Λ , d , c_1 , b_1 и b_2 параметры модели, характеризующие нелокальность взаимодействия. Проведены расчеты для различных параметров, характеризующих взаимодействие (см., например, рис. 1). Показано, что нелокальность во времени этого взаимодействия приводит к асимметрии контура спектральной линии.

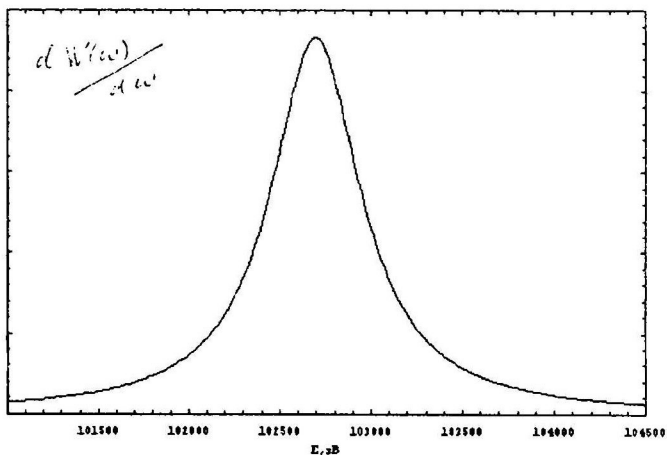


Рис. 1. Форма уширения спектральной линии $2P_{1/2} \rightarrow 2S_{1/2}$ водородоподобного урана для параметров $A=300 \cdot I$ эВ, $c_1=10$, $d=50$ эВ, $b_2=-0.008$.

Показано, что эта модель открывает возможности для обобщения ударной теории уширения спектральных линий, которое бы позволило учитывать тот факт, что столкновения излучающего атома с возмущающими частицами является нелокальным во времени.

В четвёртой главе развит метод описания динамики нуклонов, который позволяет учитывать то, что с одной стороны нуклоны состоят из кварков, а с другой стороны, из-за конфайнмента кварки и глюоны можно рассматривать только как внутренние степени свободы, которые не связаны с наблюдаемыми. Показано, что эффекты кварк-глюонного запаздывания могут существенно влиять на низкоэнергетическую динамику адронов. Оператор эволюции, описывающий динамику адронов, не может быть строго непрерывным, и, соответственно, временная эволюция адронных систем не описывается уравнением Шредингера. Построена модель нуклон-нуклонного рассеяния при низких энергиях, которая является обобщением модели Ямагучи на случай, когда сепарабельное взаимодействие в системе является нелокальным не только в пространстве, но и во времени. В этой модели обобщенный оператор

взаимодействия имеет следующий вид

$$\langle \mathbf{p}_2 | H_{int}^{(s)}(\tau) | \mathbf{p}_1 \rangle = (a_1(\tau))^{-\alpha-1/2} + a_2(\tau)^{-2\alpha} \psi(\mathbf{p}_2) \psi^*(\mathbf{p}_1), \quad (13)$$

с

$$\psi(p) = \frac{\lambda}{b^2 + p^2} - \frac{c_1}{(d^2 + p^2)^{\alpha/2}},$$

где λ , b , c_1 , d , α a_1 и a_2 -некоторые параметры модели. Проведены расчеты фазового сдвига нуклон- нуклонного рассеяния, которые показали, что учёт нелокальности во времени взаимодействия нуклонов позволяет улучшить согласие с экспериментом (см., например, рис. 2). Предложенный метод позволяет обобщить широко используемые модели нуклон- нуклонного взаимодействия на случай, когда короткодействующая часть этих взаимодействий является нелокальной во времени. Построена модель нуклон- нуклонного взаимодействия, короткодействующая часть которого является нелокальной во времени, а дальнoдействующая часть описывается потенциалом Табакина. Используя построенные в работе модели, исследуется влияние эффектов запаздывания, связанных с кварковыми и глюонными степенями свободы.

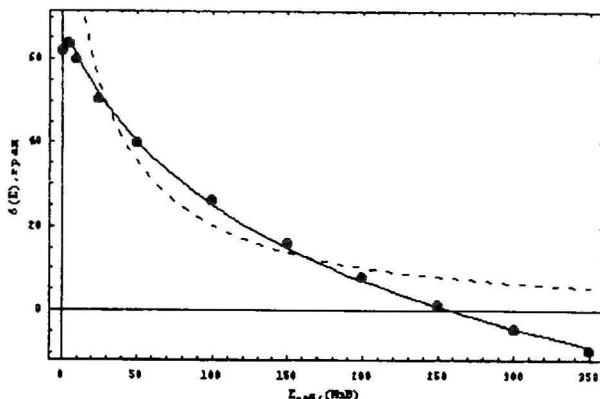


Рис. 2. Фазовый сдвиг протон- нейтронного рассеяния как функция лабораторной энергии для 1S_0 канала. Экспериментальные данные изображены точками. Расчет с обобщенным оператором взаимодействия (13) соответствует сплошной линии. Для сравнения представлен расчет с потенциалом Ямагучи, которому соответствует пунктирная линия.

- [10] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Нелокальное взаимодействие адронов и проблема описания NN- рассеяния при низких энергиях // ЯФ, 1999, т.62, с.2061-2070
- [11] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Каримова А.К., Решение обратной задачи теории рассеяния в модели с нелокальным во времени взаимодействием // Сб. статей, Когерентная оптика и оптическая спектроскопия, 1999, с.142-149
- [12] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Nonlocality of hadron interactions and the high energy behavior of total cross sections // Proc. of Int. Conf., Geometrization of Physics IV, 1999, p.200-203
- [13] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Nonlocality of hadron interactions at small distances and the NN scattering at low energies // Abstr. of Int. Conf., Advances in Nuclear Physics, 1999, p.36
- [14] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Nonlocality of QED interaction and high-energy behavior of total cross sections // Proc. of Spie, Quantum optics, 1999, p.20-24
- [15] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Обобщенная квантовая динамика и проблема описания эволюции систем с нелокальным во времени взаимодействием // Известия РАН, серия физическая, 2000, т.64, с.2010- 2017
- [16] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Динамика систем с нелокальным во времени взаимодействием: оператор эволюции // Известия РАН, серия физическая, 2000, т.64, с.2053-2056
- [17] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Модели с нелокальным во времени взаимодействием и уширение спектральных линий атомных систем // Деп. в ВИНТИ 02.08.00, N2164-B00



В заключении диссертации приводятся основные результаты работы:

1. В рамках ОКД построен новый класс моделей в квантовой теории. Эти модели позволяют описывать эволюцию систем, динамика которых определяется нелокальным во времени взаимодействием.

2. Исследована возможность использования ОКД и построенных в работе моделей для описания эволюции открытых квантовых систем и уширения спектральных линий атомных систем, обусловленного нелокальным во времени взаимодействием атома с окружающей средой.

3. Построена модель, описывающая уширение спектральной линии атома, взаимодействие которого с окружающей средой является нелокальным во времени.

4. Проведены модельные расчёты уширения спектральных линий водородоподобных атомов, обусловленного его взаимодействием с возмущающими частицами. Результаты расчётов показывают, что нелокальность во времени этого взаимодействия может приводить к отличию формы контура от лоренцевской.

5. Исследовано влияние эффектов запаздывания, связанных с кварковыми и глюонными степенями свободы, на динамику нуклонов. Показано, что эти эффекты могут существенно влиять на характер динамики нуклонов.

6. Построен обобщенный оператор нуклон- нуклонного взаимодействия, учитывающий, что из-за кварковых и глюонных степеней свободы это взаимодействие является нелокальным во времени. Показано, что учёт такой нелокальности позволяет улучшить согласие теоретических предсказаний с экспериментом.

Список литературы, цитируемой в автореферате

- [1] Боголюбов Н.Н. и Ширков Д.В., Введение в теорию квантованных полей // 1979, 3 издание
- [2] Браун М.А., Закон распада нестабильных уровней и форма спектральной линии в теории релятивистского атома // ЖЭТФ, 1988, т.4, N10, с.145-158
- [3] R.Kh. Gainutdinov, Nonlocal Interactions and Quantum Dynamics // J. Phys. A: Math. Gen., 1999, v.32, p.5657

Список работ, опубликованных по теме диссертации

- [1] Мутыгуллина А.А., Модель сепарабельного взаимодействия в рамках T матричного формализма // Тез. докл. 2 республиканской научной конференции молодых учёных и специалистов 1996, с.46
- [2] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Обобщенный оператор взаимодействия и новый класс моделей в нерелятивистской квантовой теории рассеяния // Тез. докл. 2 республиканской научной конференции молодых учёных и специалистов 1996, с.47
- [3] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Generalized interaction operator and the hadron-hadron scattering at low energies // Abstr., Geometrization of Physics III, 1997, p.31-32
- [4] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Обобщенный оператор взаимодействия и новый класс моделей в нерелятивистской квантовой теории рассеяния // ЯФ, 1997, т.60, с.938-946
- [5] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Квантово- электродинамические эффекты в спектрах излучения многозарядных ионов и обобщенный оператор взаимодействия // Сб. статей, Когерентная оптика и оптическая спектроскопия, 1997, с.57-62
- [6] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Generalized interaction operator and the hadron-hadron scattering at low energies // Proc. of Int. Conf., Geometrization of Physics III, 1997, p.102-111
- [7] Гайнутдинов Р.Х., Мутыгуллина А.А., Нелокальные КЭД взаимодействия и проблема УФ расходимостей в теории уширения спектральных линий // Сб. статей, Когерентная оптика и оптическая спектроскопия, 1998, с.79-84
- [8] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Karimova A.K., Nonlocal interactions and hadron-hadron scattering at low energies // Abstr., Int. Summer School-Seminar on Recent Problems in Theoretical and Mathematical Physics, 1998, p.14
- [9] Gainutdinov R.Kh., Mutygullina A.A., Karimova A.K., Nonlocal interactions and hadron-hadron scattering at low energies // Proc. of Int. Summer School-Seminar on Recent Problems in Theoretical and Mathematical Physics, 1998, p.187

2.00

Отпечатано на ризографе
Заказ № 97. Тираж 50 экз.
ООП ТРО ВОИ т. 315-502